蝶と蛾 *Lepidoptera Science* **62** (2): 64–74, June 2011

新潟県十日町市の豪雪地帯における里山のチョウ群集

大脇　淳*

〒942-1411 新潟県十日町市松之山松口 1712-2 十日町市立里山科学館 越後松之山「森の学校」キョロロ

Butterfly assemblage in a snowy temperate satoyama area in Tokamachi City, Niigata Prefecture

Atsushi OHWAKI*

Echigo-Matsunoyama Museum of Natural Science, 1712-2 Matsunoyama-Matsukuchi, Tokamachi, Niigata, 942-1411 Japan

Abstract To understand the characteristics of the butterfly assemblage in a snowy temperate satoyama area, transect surveys were conducted nine times from spring to autumn in Tokamachi City, where average annual maximum snow depth is about 3 m. A transect route (2.1 km) was established, and divided into 14 sections with four vegetation types (four grassland, two protected slope, four forest/wetland edge, and four forest interior sections). In total, 177 individuals from 27 species were observed. This species richness was rather lower than those in other satoyama areas. The numbers of species of oak, bamboo, citrus, and hackberry feeders were especially lower, probably because of scarcity of host plants, but those of viola feeders were equal or higher, probably because of maintenance of grasslands around terraced paddy fields. Grassland and edge sections had higher species richness than protected slope and forest interior sections. Of the two declining species observed in this study (*Luehdorfia japonica* and *Fabriciana adippe*), the former used the interior and edges of the forests, whereas the latter used grasslands. Maintenance of grasslands, oak forest patches, and beech forests with the host plants of *L. japonica* would be essential for conserving the butterfly fauna in this area.

Key words heavy snow, host plant, life history traits, rural landscape, voltinism.

はじめに

二次林，スギ林，水田，草地など様々な植生が入り組む里山は高い生物多様性を保持しており，その保全の重要性は広く認識されている (石井ら，1993; 田端，1997; Washitani, 2001; Kato, 2001). チョウ類は目視で同定することができ，トランセクト法という調査方法も確立していることから，群集構造や多様性について数多くの研究が里山で行われてきた (田中，1988; 石井ら，1995; 石井，1996; Natuhara *et al.*, 1999; Nishinaka and Ishii, 2006, 2007; Ohwaki et al., 2007; 東條・桜谷，2008). これらの研究はいずれも 1 年を通した調査で 40 種以上のチョウを記録しており，都市林や都市公園 (石井ら，1991; Kitahara and Fujii, 1994; 松本，2008; Ohwaki *et al.*, 2008), 川沿いの土手や河川敷 (田下・市村，1997; Tojo *et al.*, 2007) のような周囲を人為的に改変された環境や人為的撹乱が激しい環境と比べると，里山ではチョウの多様性が高いことが知られている．しかし，里山におけるこれまでのチョウ群集の研究の大半はコナラ *Quercus serrata*, アベマキ *Q. variabilis*, クヌギ *Q. acutissima* といった落葉ナラ類が優占する里山とその周辺で行われており，それ以外の樹種が卓越する里山景観ではほとんど調査されていない．ブナ *Fagus crenata* は北海道渡島半島から九州まで分布する日本の温帯を代表する樹木であり，特に積雪量の多い日本海側では純林を形成する優占樹種である．ブナ林は一般的に人の手が入っていない山奥の原生林というイメージが強いが，東北，中部，中国地方の日本海側にはブナの二次林が広く分布している (中静，2004). これらブナの二次林は，それぞれの地域で，その地域特有の人との関わり合いの中で維持されてきた (深町，2002). 人間の居住地域の中では世界有数の積雪量を誇る新潟県十日町市とその周辺地域では，標高 300m 前後の低地里山においても，ブナの優占する二次林が多く存在する．このように，日本海側にはブナが二次林の優占樹種となっている里山が散在しているが，そのような里山におけるチョウ群集はほとんど調査されてこなかったため，そこでのチョウの多様性や群集構造といった特徴はよく分かっていない．

本研究では，ブナが優占する里山におけるチョウ群集の特徴を解明するために，新潟県十日町市の里山でチョウ群集を調査した．里山景観では年 1 化，狭食性，ナラ食，ササ食の種が多いことが知られているので (石井，2001; Ohwaki *et al.*, 2008), チョウの世代数や幼虫の利用する食草に着目し

*現所属: 〒952-0103 新潟県佐渡市新穂潟上1101-1 新潟大学 朱鷺・自然再生学研究センター
*Present adderess: Center for Toki & Ecological Restoration, Niigata University, 1101-1 Niibokatagami, Sado 952-0103, Japan
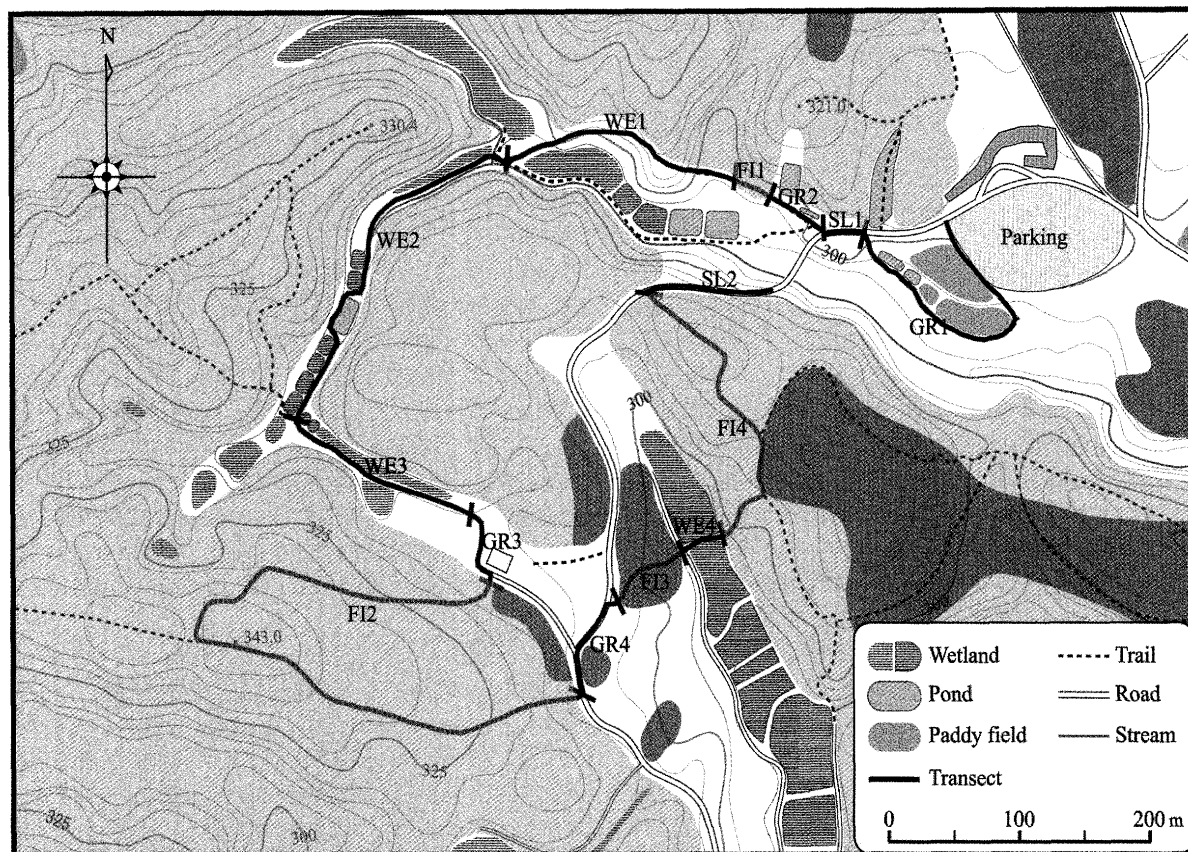
Fig. 1. Map of the study site. Shaded areas with light and dark greens show deciduous secondary forests and cedar plantations, respectively. Plain (white) areas are open lands, *e.g.*, grasslands, abandoned fields, and scrub.

た．また，この地域の里山における様々な環境のうち，どれがチョウの多様性に貢献しているかを明らかにするために，環境間で種数および種構成を比較すると同時に，個々の種がどの環境と結びついているかを解析した．さらに，本地域のチョウ群集の特徴を他地域の里山のチョウ群集と比較して考察し，本地域のチョウ群集の保全について検討した．

調査地と方法

調査地

調査は新潟県十日町市松之山地域にある里山科学館「森の学校」キョロロの敷地内で行った (Fig. 1)．調査地から約2 km離れた松之山支所 (標高360 m) における1989年から2008年の20年間の平均積雪量は304 mであり，この積雪のためにこの地域の低地里山にはブナの優占する二次林が広がっている．調査地の標高は300〜340 mであり，ブナやミズナラ *Quercus crispula* の二次林，スギ *Cryptomeria japonica* の植林，水田，放棄地などがモザイク状に入り組んだ典型的な里山景観をなしている．上記のような様々な景観要素 (水田，草地，湿地，林縁，二次林など) を通るように2120 mの調査ルートを設け，主に景観要素に基づいて，このルートを14区画に分割した (Fig. 1)．これら14区画は，明るい草地 (GR：4区画)，法面斜面 (SL: 2区画)，湿地林縁 (WE: 4区画)，林内 (FI: 4区画) の4カテゴリーに分かれた．各区画の詳細な環境は以下の通りである．

明るい草地 (4区画)

GR1 (190 m) は，ルートの右側が水田やため池，左側はあぜの土手となっている．日当たりは良く，あぜにはススキ *Miscanthus sinensis* の他に様々な草本が生育している．GR2 (20 m) は，ルートの両側とも草地の開けた環境で，日当たりは良く，様々なイネ科草本が生育する．吸蜜源となる植物は少ない．GR3 (40 m) は，キリ *Paulownia tomentosa* とクリ *Castanea crenata* が一本ずつ植えられているが，基本的にはススキが優占する明るい草地である．一部，サワフタギ *Symplocos coreana* やタニウツギ *Weigela hortensis* などの低木も生えている．GR4 (80 m) は，基本的にはススキが優占する明るい草地だが，ヤマボウシ *Cornus kousa* やキハダ *Phellodendron amurense* が数本植えられており，タニウツギが点在する．また，一部日当りの悪いスギ植林の脇を通る．

法面斜面 (2区画)

SL1 (20 m) は，法面と草地の間を通る日当りの良い区画で，法面にはメドハギ *Lespedeza juncea* やネムノキ *Albizia julibrissin*，タニウツギ，コナラなどの低木が生えている．

草地には背の高いススキやヨシ *Phragmites communis* が生えている．SL2 (100 m) も法面と草地の間を通る区画だが，法面の斜面が北向きのため日当りが悪い．法面にはSL1と同様，メドハギやネムノキ，ウルシ *Rhus verniciflua* が多い．

湿地林縁 (4区画)

WE1 (270 m) は，コナラ，サワシバ *Carpinus cordata*，ヤマトアオダモ *Fraxinus longicuspis* などが生える林とクロバナヒキオコシ *Isodon trichocarpus*，カサスゲ *Carex dispalata*，ドクダミ *Houttuynia cordata*，ヨシなどが生える湿地の間を通る林縁である．低木には，タニウツギ，キブシ *Stachyurus praecox*，ウワミズザクラ *Prunus grayana* が多い．日当りは比較的良い．WE2 (280 m) は，狭い沢沿いに伸びた休耕田を通る区画で，休耕田にはヨシやミゾソバ *Persicaria thunbergii* などが繁茂しているが，ため池に作り変えられた休耕田も多い．沢の両側の斜面には，ミズナラ，コナラ，カエデ類 *Acer* spp.，サワシバなど，多様な樹種からなる林が成立し，調査ルートはその林縁となっている．日当りはあまり良くない．WE3 (180 m) は，休耕田である湿地の脇を通る区画であるが，調査ルートに沿ってサワフタギ，タニウツギ，リョウブ *Clethra barvinervis* の低木が生えており，その奥に湿地が存在する．日当りは良い．WE4 (40 m) は，道の両脇ともヨシなどが生える湿地であるが，スギ，ウワミズザクラ，ミズキ *Cornus controversa* の雑木林と，ブナの純林に挟まれており，林縁と近いので，湿地林縁の区画に含めた．日当りはあまり良くない．

林内 (4区画)

FI1 (40 m) は，林縁のすぐ横を通る林内区画であり，高木にはコナラ，スギ，サワシバが生える．低木層にはリョウブ，マルバマンサク *Hamamelis japonica* var. *obtusata*，ツノハシバミ *Corylus sieboldiana*，ヤマモミジ *Acer amoenum* var. *matsumurae* などが密に生える．FI2 (570 m) は，ブナ林とミズナラ林が入り組み，一部リョウブなどの低木が優占する．所々ギャップがあり，低木層は全般的にまばらであるが，ギャップ周辺には様々な低木が密に生育する．FI3 (60 m) は，主にスギの植林を通るが，ギャップの周辺にはウワミズザクラやミズキが生育する．低木層は比較的密である．FI4 (230 m) は，ブナの純林を通る区画であり，低木層にはオオバクロモジ *Lindera umbellate* var. *membranacea* などが生育するが，低木は少ない．

調査方法

調査は2008年5月から10月の間に月1～2回の間隔で合計9回 (5月12日，6月11日，6月27日，7月13日，8月7日，8月27日，9月11日，9月30日，10月12日)，ルートセンサス法で行った (Pollard and Yates, 1993)．つまり，晴天または曇りで風が弱く，気温が少なくとも16度以上の日の10時から15時の間に，設定した調査ルートを一定のペースでゆっくり歩き，前方および左右5m以内で確認されたチョウの種と個体数を記録した．樹上にいることが多い年1化のミドリシジミ類は通常の調査では観察が難しいため (Natuhara *et al*., 1998)，それらの出現時期である6月から8月上旬には6 mの竿で樹上を叩き，ミドリシジミ類をなるべく見落とさないように努めた．

世代数と幼虫の食性によるチョウの分類

チョウはこの地域における世代数に基づいて，年一化か多化 (年二化以上) に分けた．年二化であることが明らかなチョウもいたが，年二化か年三化か不明なチョウもいたため，Inoue (2003) にならい，二化以上の種は全て多化と扱った．チョウの幼虫の食性幅について，Kitahara and Fujii (1994) に基づいて狭食性 (1科内の10種以下の食草を利用) と広食性 (11種以上の食草を利用するか2科以上の食草を利用) に分類した．利用する食草のタイプについては，Ohwaki *et al*. (2007) に基づいて草本食，つる植物食，ササ食，木本食，多食 (草本やつる，草本や木本など様々な植物を利用する種) に分類した．また，場合により，年1化スミレ食，ササ食，ミカン科食，年1化ナラ食，エノキ食に着目した．

データ解析

調査ルートの長さとチョウの種数の関係はポアソン回帰で解析した (R developmental Core Team, 2009)．各区画の種構成の違いを解析するために，チョウ各種の区画ごとの密度 (100 m当り) を求め，Detrended Correspondence Analysis (DCA) で解析した (Jongman *et al*., 1995; ter Braak and Smilauer, 2002)．同時に，調査を通じて少なくとも4個体以上観察された種について，生息地の選好性をDCAで同様に解析した．DCAでは，種はある環境傾度に沿って一山型のピークを持って分布すると仮定し，種と調査地 (ここでは区画) のマトリックスから，各種の最適値 (ピークの値) が種間で最もばらつく環境傾度を探索する (Jongman *et al*., 1995)．そのために，まず調査地に任意のサイトスコアを与え，そのサイトスコアの加重平均によって種スコアを求め，その種スコアからサイトスコアを計算し標準化する，という加重平均の算出を値が収束するまで繰り返す。その結果得られた軸がDCAの第一軸であり，種間の分布のばらつきを最も説明する軸である．第一軸と直交し，その次に種のばらつきを説明する軸が第二軸となる．本研究では第一軸と第二軸の二次元座標に種と区画を落とし，種間の出現パターンや区画間の種構成の類似性を視覚的に調べた (Figs. 3と4の横軸がDCAの第一軸，縦軸が第二軸を示す)．座標上で近くに隣接する区画および種は，区画間の種構成や種間の出現様式がそれぞれ似ていることを示す．

結　果

調査地全体のチョウ群集

調査地全体で調査を通じて，27種177個体のチョウが観察された．各種の観察個体数は多い順にルリシジミ *Celastrina argiolus* (25個体)，オオウラギンスジヒョウモン *Argyronome ruslana* (22)，ヒメウラナミジャノメ *Ypthima argus* (19) となり，他に10個体以上観察されたチョウは，キタキチョウ *Eurema mandarina* (18)，ツバメシジミ *Everes argiades* (14)，

Table 1. Butterfly species observed in this study with reference to their number of observations, voltinism, host plant range, and host plant types.

Species	Number of observations															Voltinism	Host plant		Japanese name
	GR1	GR2	GR3	GR4	SL1	SL2	WE1	WE2	WE3	WE4	FI1	FI2	FI3	FI4	Total		range	type	
Celastrina argiolus	5	2	2	1	1	0	3	3	3	0	2	2	0	1	25	Multi	Poly	Multi	ルリシジミ
Argyronome ruslana	3	2	3	1	0	0	5	5	2	1	0	0	0	0	22	Uni	Oligo	Herb (viola)	オオウラギンスジヒョウモン
Ypthima argus	1	1	1	3	0	2	0	1	2	0	1	4	2	1	19	Multi	Poly	Herb (grass)	ヒメウラナミジャノメ
Eurema mandarina	4	1	1	1	7	2	1	0	0	0	1	0	0	0	18	Multi	Poly	Multi	キタキチョウ
Everes argiades	5	5	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	Multi	Poly	Multi	ツバメシジミ
Fabriciana adippe	7	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	Uni	Oligo	Herb (viola)	ウラギンヒョウモン
Argynnis paphia	2	0	1	3	0	0	0	1	1	0	0	3	0	0	11	Uni	Oligo	Herb (viola)	ミドリヒョウモン
Ladoga camilla	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	6	Multi (bi)	Oligo	Multi	イチモンジチョウ
Damora sagana	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	6	Uni	Oligo	Herb (viola)	メスグロヒョウモン
Araschnia burejana	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	5	Multi (bi)	Oligo	Herb	サカハチチョウ
Parnara guttata	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	4	Multi	Poly	Herb (grass)	イチモンジセセリ
Papilio dehaanii	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	4	Multi (bi)	Oligo	Tree	カラスアゲハ
Lethe diana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	4	Multi	Poly	Bamboo grass	クロヒカゲ
Polytremis pellucida	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	3	Multi (bi)	Poly	Bamboo grass	オオチャバネセセリ
Luehdorfia japonica	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	3	Uni	Oligo	Herb	ギフチョウ
Lycaena phlaeas	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	Multi	Oligo	Herb	ベニシジミ
Japonica lutea	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	Uni	Oligo	Tree	アカシジミ
Pieris melete	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	Multi	Poly	Herb	スジグロシロチョウ
Daimio tethys	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	Multi	Oligo	Vine	ダイミョウセセリ
Rapala arata	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	Multi (bi)	Poly	Multi	トラフシジミ
Mycalesis gotama	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	Multi (bi)	Poly	Herb (grass)	ヒメジャノメ
Colias erate	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Multi	Poly	Multi	モンキチョウ
Pieris rapae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	Multi	Poly	Herb	モンシロチョウ
Nephargynnis anadyomene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	Uni	Oligo	Herb (viola)	クモガタヒョウモン
Callophrys ferrea	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	Uni	Poly	Tree	コツバメ
Neptis sappho	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	Multi	Poly	Multi	コミスジ
Vanessa cardui	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	Multi	Poly	Herb	ヒメアカタテハ
Section length (m)	190	20	40	80	20	100	270	280	180	40	40	570	60	230	2120				
Species richness	13	7	5	9	3	3	5	12	12	3	5	10	1	3	27				
Density (/100 m)	18.9	70.0	20.0	21.3	45.0	5.0	4.1	8.9	9.4	7.5	15.0	3.5	3.3	1.7	8.3				
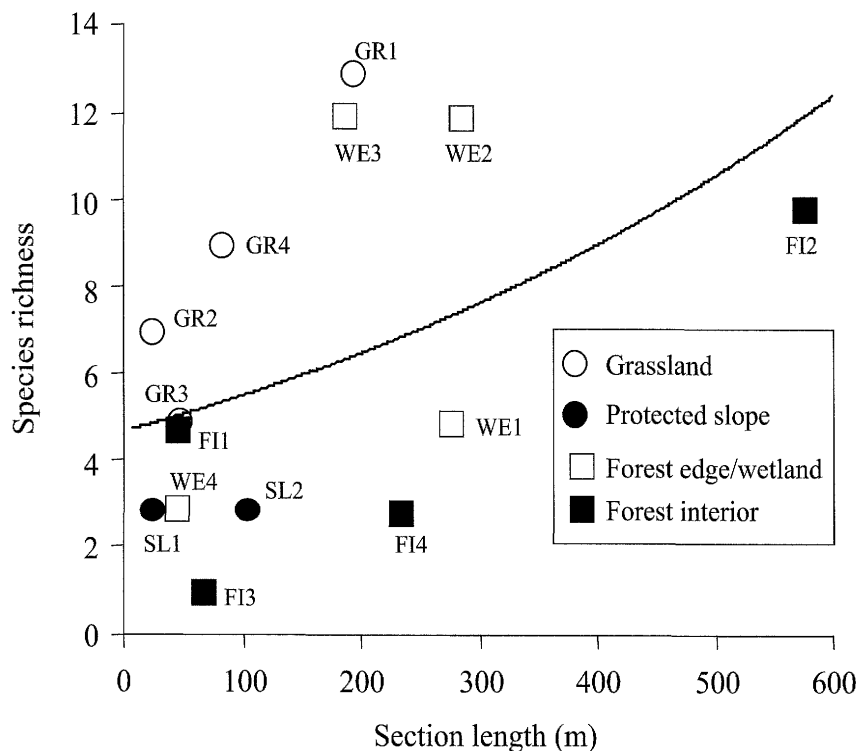
Fig. 2. The relationship between the length of sections and the number of species in each section.
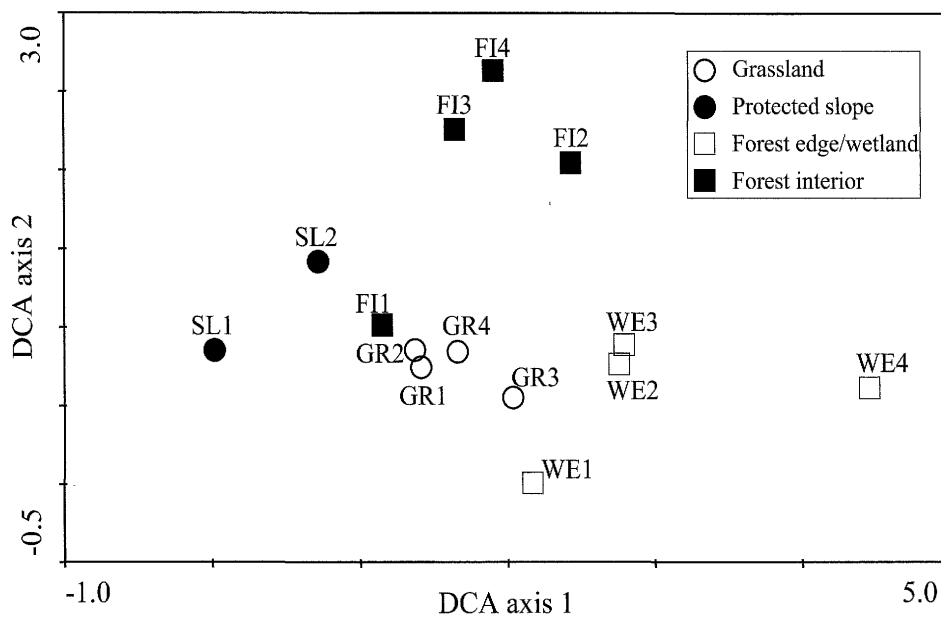
Fig. 3. DCA diagram showing species composition in each section.

ウラギンヒョウモン *Fabriciana adippe* (12), ミドリヒョウモン *Argynnis paphia* (11) の合計7種のみであった (Table 1).

世代数に着目すると, 年一化の種は8種, 多化性の種は19種であり (Table 2), 多化性の種のうち少なくとも6種は本調査地では年二化であった. 食性幅では, 狭食性の種が12種, 広食性の種が15種であった (Table 2). 食草タイプでは, 草本食の種が14種, 次に草本や木本など様々なタイプの植物を利用する多食の種が7種と多く, ササ食, 木本食, つる植物食の種はそれぞれ2種 (クロヒカゲ *Lethe diana* とオオチャバネセセリ *Polytremis pellucida*), 3種, 1種 (ダイミョウセセリ *Daimio tethys*) と少なかった (Table 2). 草本食14種のうち, 5種はスミレを利用するヒョウモン類であった. 木本食3種のうち, ミカン科食 (カラスアゲハ *Papilio dehaanii*) とナラ食 (アカシジミ *Japonica lutea*) は1種ずつ記録されたが, エノキ食は記録されなかった (Table 2).

区画間の比較

各区画の種数はGR1で最も多い13種, WE2とWE3でそれぞれ12種観察されたが, SL1, SL2, WE4, FI4ではそれぞれ3種, FI3では1種しか観察されなかった (Table 1). 区画の長さが長い区画ほど, 区画の観察種数は有意に増加したが (ポアソン回帰, $z = 2.652$, $P = 0.008$), 草地 (GR1, GR2,
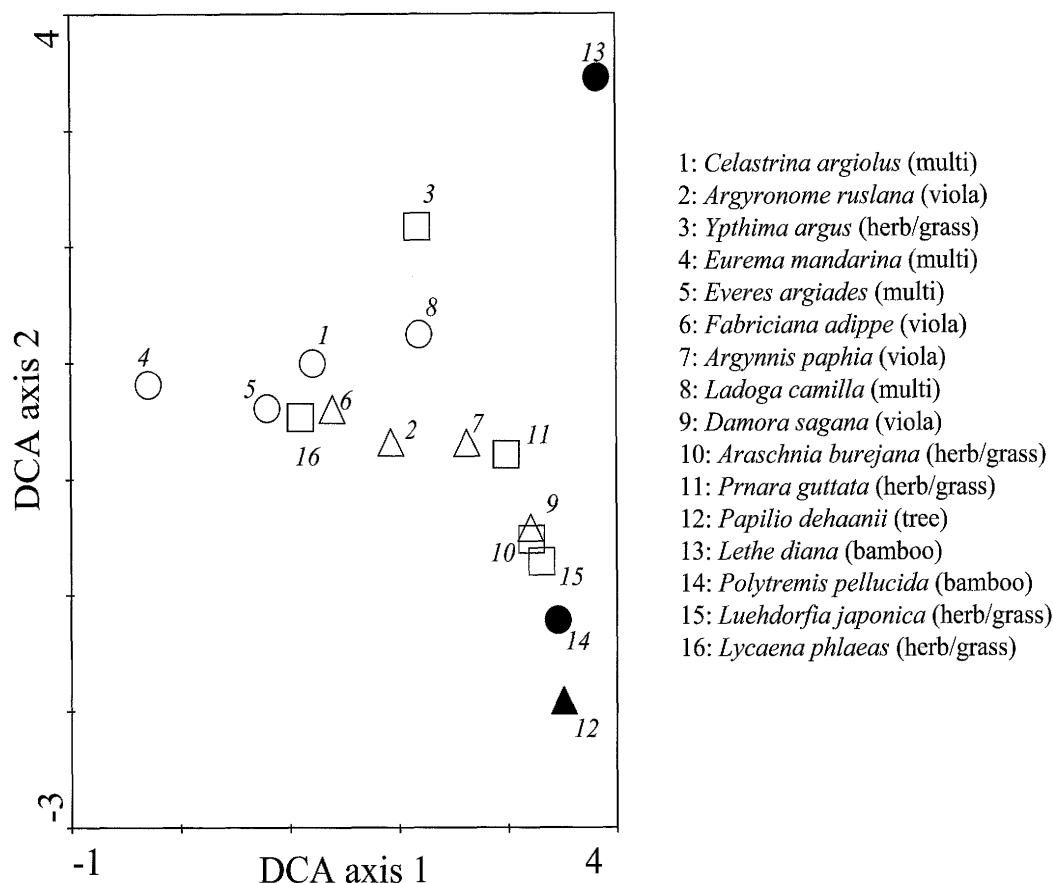
Fig. 4. DCA diagram showing the occurrence pattern of each butterfly species. ○, multi-feeder; △, viola feeder; □, herb/grass feeder (excluding viola feeder); ●, bamboo feeder; ▲, tree feeder.

GR4)や湿地林縁 (WE2, WE3)の区画は直線より上に位置し(区画の長さの割には種数が多い), 林内や法面斜面の区画は直線より下に位置した(区画の長さの割には種数が少ない) (Fig. 2).

各区画のチョウの密度は, 草地や法面斜面で高いが, 湿地林縁や林内では低い傾向にあった (Table 1). また, 距離の短い区画は不釣合いに密度が高くなる傾向にあった.

各区画の種構成をDCAで解析したところ, 法面斜面は左側に, 草地は中央に, 湿地林縁は右側に, 林内は上側にプロットされ, 区画の環境によって種構成が異なっていた (Fig. 3). しかし, FI1は他の林内区画よりもむしろ草地区画と似ていた.

各種の生息地選好性

3個体以上観察された16種について出現様式をDCAの二次元座標上にプロットしたところ, ササ食の種(クロヒカゲとオオチャバネセセリ)と木本食の種(カラスアゲハ)は右側にプロットされたが, 多食の種と草本食の種は互いに入り混じって広く散布された (Fig. 4). 各種の出現様式をより詳細に検討するために, 区画ごとの密度をFig. 5に示した. 多食の4種のうち, 明るい環境に生育するマメ科の草本や低木を利用するツバメシジミとキタキチョウは主に草地と法面斜面に出現したが (Fig. 5b,c), 多くの科にわたって広く植物を利用するルリシジミや林縁の低木やつる植物を利用するイチモンジチョウ *Ladoga camilla* は様々な環境に出現した (Fig. 5a,d). 同じスミレを利用する4種のヒョウモン類の中でも出現様式は異なっており (Fig. 5e–h), ウラギンヒョウモンは明るい草地のみで観察されたが, メスグロヒョウモン *Damora sagana* は林縁や林内に多く出現した. スミレ以外の草本食の種も種によって出現様式は異なっていたが (Fig. 5i–m), ヒメウラナミジャノメはルリシジミと並んで様々な区画で観察された. 木本食の種とササ食の種は林縁と林内でのみ観察された (Fig. 5n–p).

考　察

これまで里山ではチョウ群集の研究が数多く行われてきたが, 研究によって調査ルートの長さや調査頻度が大きく異なっている. 本研究では, 2.1 kmの調査ルートを一年通じて9回調査したため, 年間の総調査距離は18.9 kmとなった. 調査努力が近い研究と比較するために, 一年通じて調査を行っており, 年間の総調査距離が15 kmから30 kmの研究 (田中, 1988; 石井ら, 1991, 1995; 石井, 1996; Ohwaki *et al.*, 2007, 2008; 松本, 2008) を選び, 本研究のチョウ群集と比較した. 本研究では, 合計27種のチョウが確認された
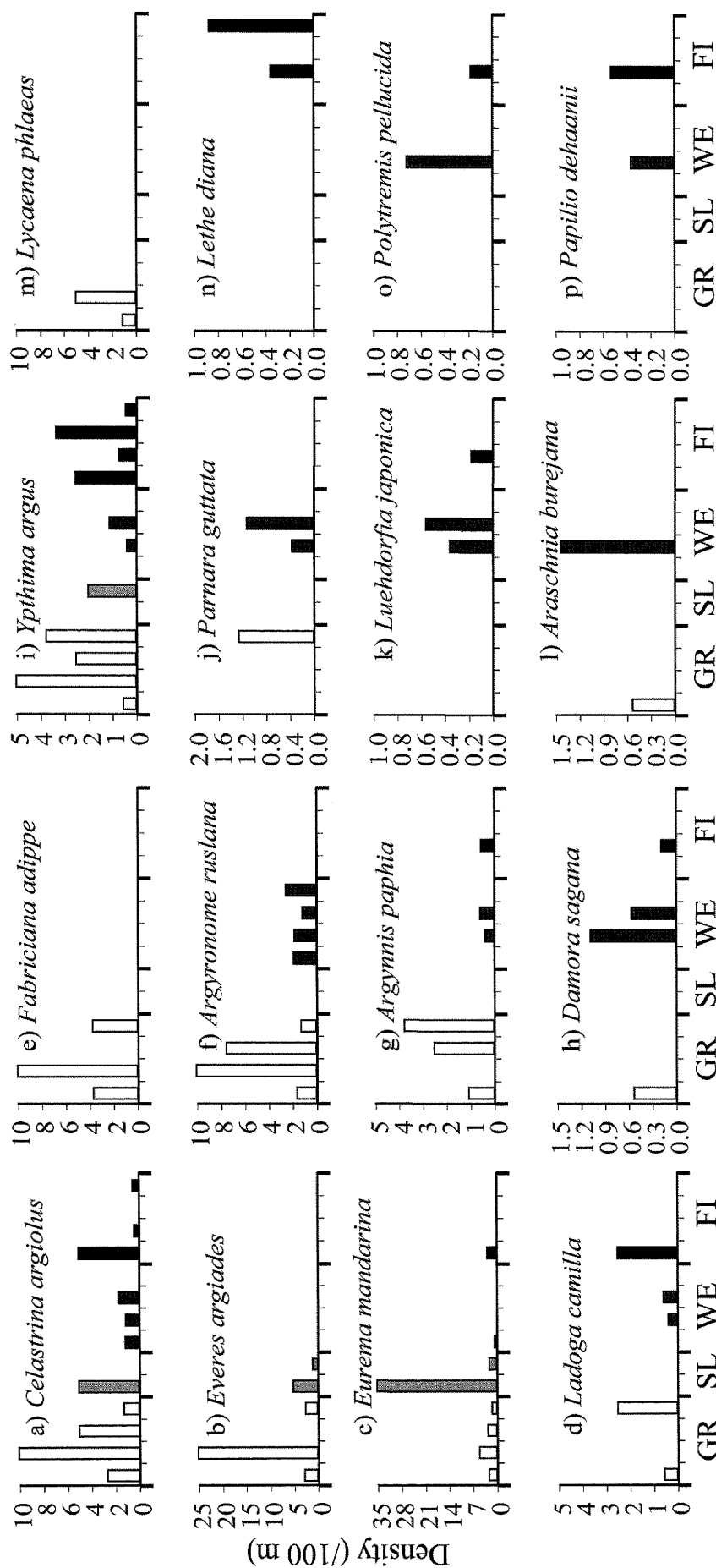
Fig. 5. Density of butterfly species in each section.
a–d, multi-feeder; e–h, viola feeder; i–m, herb/grass feeder; n–o, bamboo feeder; p, tree feeder.

が，他地域の里山と比較すると，本調査地におけるチョウの種数は非常に低かった (Table 2). 世代数と幼虫の食性幅に着目すると，本調査地では，他地域の里山に比べ，年1化・狭食性の種数だけではなく，多化性・広食性の種数も少なかった (Table 2). 特に，多化性・広食性の種数は，多くの孤立した都市緑地より少なかった．しかし，種数ではなく種の割合に着目すると，本調査地では年1化の種の割合は30%，狭食性の種の割合は44%となり，他地域の里山とその割合はよく似ていた (Table 2). 一方，都市緑地では，年1化の種の割合は15%，狭食性の種の割合は30%に満たない (Table 2). これまで，人為的影響や都市化の程度の増加とともに，年1化や狭食性の種数は減少することが知られているが (Kitahara and Fujii, 1994; Steffan-Dewenter and Tscharntke, 1997; Kitahara *et al*., 2000), 本調査地のように元々の種数が少ない里山では，年1化や狭食性の種数よりもその割合の方が，里山のチョウ群集の特徴を表しているであろう．

スミレ食 (ヒョウモン類), ササ食 (一部のヒカゲ類とセセリ類), ミカン科食 (アゲハ類), 落葉ナラ食 (ミドリシジミ類とミヤマセセリ *Erynnis montanus*) のチョウについて，本調査地の里山と他地域の里山および都市緑地を比較すると，本調査地では，ササ食，ミカン科食，落葉ナラ食の種数は他地域の里山と比べ少ないが，ヒョウモン類の種数は他地域の里山と同等かそれ以上であった (Table 2). これはこの地域の植生，つまりブナ林の林床にササが少なく，林縁や畦にスミレ類が多い環境を反映しているものと思われる．

多くの地域の里山では，コナラやアベマキ，クヌギなどの落葉ナラ類が優占し，管理放棄された林床はササで覆われている．一方，本地域の二次林では多量の積雪のためブナが優占し，落葉ナラ類であるコナラやミズナラは小さなパッチとして散在している．エノキ *Celtis sinensis* も本地域にはほとんどなく，集落の神社に巨木が稀に生えているか，本調査地に植栽された株が数本あるだけである．ササ類も稀で，限られた場所に生育しているに過ぎない．本調査では目撃されなかったが，本調査地では，ササ食の種ではヤマキマダラヒカゲ *Neope niphonica* (松本和馬，私信) とコチャバネセセリ *Thoressa varia* (大脇・村山, 2010), 落葉ナラ食の種ではミズイロオナガシジミ *Antigius attilia*, ウラミスジシジミ *Wagimo signatus* (大脇・村山, 2010), アイノミドリシジミ *Chrysozephyrus brillantinus* (松本和馬，私信), エノキ食の種ではゴマダラチョウ *Hestina japonica* とヒオドシチョウ *Nymphalis xanthomelas* (後者はここでは主にヤナギ類を利用しているものと考えられる) (大脇・村山, 2010) がこれまでに記録されている．これらの種の記録が本調査地の定着個体によるのか，外からの移入個体によるのかは不明だが，これらの種が本調査で記録されなかったのは，本調査地ではナラ類やエノキ，ササ類が少ないかほとんどないため，数回の調査で観察するにはこれらの種の密度が低すぎるのかもしれない．

ミカン科食のアゲハ類では，本調査で記録された種はカラスアゲハだけであり，本地域に生息しているアゲハチョウ *Papilio xuthus*, クロアゲハ *P. protenor*, オナガアゲハ *P. macilentus*, ミヤマカラスアゲハ *P. maackii* (松之山町史編纂委員会, 1991) は観察されなかった．本地域では，ミヤマカラスアゲハの食草であるキハダ *Phellodendron amurense* が多く，ミヤマカラスアゲハが調査で観察されなかった理由は分からないが，アゲハチョウやクロアゲハが観察されなかった理由として，本地域における幼虫の食草と成虫の吸蜜源の分布様式が考えられる．本地域では，キハダ以外のミカン科は，ミヤマシキミ *Skimmia japonica* が林内で，サンショウ *Zanthoxylum piperitum* が人家や耕作地周辺で稀に観察される程度である．クロアゲハはキハダを利用せず (本田・村上, 2005), アゲハチョウはほとんど幼樹しか利用しないが (渡辺, 2000), 本調査地にキハダの幼樹はほとんど見られない．また，本調査で吸蜜中のアゲハ類を観察することはできなかったため，吸蜜源も本調査地には乏しいと考えられる．このように成虫の資源も幼虫の資源も本地域の里山には乏しいためか，本地域ではアゲハチョウやクロアゲハは元々稀で，観察される場所はほとんど人家周辺に限られている．

一方，ヒョウモン類は多くの種が観察された．また，観察された5種中4種が観察数の上位10種にランクされ，個体数も多かった (Table 1). ヒョウモン類の食草であるスミレ類は林縁に多いが，本地域では棚田が広がり，水田周辺の畦もよく手入れされているため，スミレ類が生育するには好適な環境が維持されていると思われる．また，本調査で，ヒョウモン類の成虫はノアザミ *Cirsium japonicum* やオカトラノオ *Lysimachia clethroides*, リョウブ，ミゾソバ *Persicaria thunbergii* など，季節を通じて様々な花で吸蜜しているのが観察された．したがって，幼虫の食草と季節を通じた吸蜜源の存在がヒョウモン類の高い個体数を支えているものと思われる．しかし，同じ食草を利用するヒョウモン類の中でも成虫の出現様式は種によって異なっており、メスグロヒョウモンやオオウラギンスジヒョウモンは草地と林縁で観察されたが，ウラギンヒョウモンは草地のみで観察された (Fig. 5). ウラギンヒョウモンは近年の管理放棄によって衰退しつつあると言われているが (石井, 2009), 本地域ではその個体数が多く，地域全体での林縁や畦の管理による恩恵を強く受けているのかもしれない．

本研究においても，里山における過去の先行研究においても，異なる植生は異なるチョウ群集を保持することが示されてきたが (Fig. 3), 特に落葉ナラ類の優占する二次林の重要性が強調されてきた (Nishinaka and Ishii, 2007; Ohwaki *et al*., 2007). しかし，本地域では，多量の積雪のため落葉ナラ類が少ないので，残された落葉ナラ林やササ類の重要性は，それらが豊富な他地域の里山と比べ，はるかに大きいであろう．また，コシノカンアオイ *Heterotropa megacalys* が生育し，絶滅危惧種であるギフチョウ *Luehdorfia japonica* が生息している本調査地のブナの二次林も保全上重要である (Hatada and Matsumoto, 2008). しかし，他地域の里山と大きく異なる点は，本地域では草地でチョウの種数が多く (Fig. 2), ウラギンヒョウモンのような近年減少傾向にある

Table 2. Comparison of butterfly assemblages with other satoyama and urban green areas with reference to species richness, voltinism, host plant ranges, and particular host plant types.

Site	Sampling effort[a]	Species richness	Univoltine/ Multivoltine[b]	Oligophagy/ Polyphagy[c]	Host plants								
					Herb/grass		Vine	Bamboo grass	Tree				Multi
					Total	Viola[d]			Total	Citrus	Oak[d]	Hackberry	
Satoyama area													
This study, Niigata	2.1 × 9	27	8 / 19 (0.30)	12 / 15 (0.44)	14	5	1	2	3	1	1	0	7
Kaizuka, Osaka[1]	1.3 × 15	45	6 / 39 (0.13)	15 / 30 (0.33)	20	2	2	4	11	3	1	3	8
Mt. Mikusa, Osaka[2]	3.2 × 7	49	15 / 33 (0.31)	22 / 27 (0.45)	18	5	3	5	18	6	6	2	6
Kanazawa, Ishikawa[3]	1.1 × 24	51	15 / 36 (0.29)	21 / 30 (0.41)	21	3	4	4	14	5	5	0	7
Toyota, Aichi[4]	1.3 × 16	49	12 / 37 (0.24)	19 / 30 (0.39)	28	4	2	3	10	2	3	2	6
Urban green area													
Tama Experimental Station, Tokyo[5]	1.1 × 16	34	4 / 30 (0.12)	10 / 24 (0.29)	15	1	2	4	7	3	2	0	6
Sakuragaoka Park, Tokyo[5]	1.4 × 16	37	5 / 32 (0.14)	12 / 25 (0.32)	16	1	2	4	11	3	3	2	4
Hattori ryokuchi, Osaka[6]	2.2 × 13	32	1 / 31 (0.03)	6 / 26 (0.19)	15	0	1	3	9	4	0	2	4
Oizumi ryokuchi, Osaka[6]	1.8 × 13	22	0 / 22 (0.00)	5 / 17 (0.23)	12	0	1	0	6	1	0	2	3
Daisen Park, Osaka[6]	2.2 × 13	21	0 / 21 (0.00)	5 / 16 (0.24)	10	0	1	0	7	2	0	2	3
Osaka Catsle Park, Osaka[6]	1.9 × 13	14	0 / 14 (0.00)	4 / 10 (0.29)	8	0	1	0	4	1	0	1	1
Kanazawa Castle Park, Ishikawa[7]	1.0 × 23	35	3 / 32 (0.09)	10 / 25 (0.29)	14	1	2	3	9	5	0	3	7

References: 1, Ishii 1996; 2, Ishii *et al.* 1995; 3, Ohwaki *et al.* 2007; 4, Tanaka 1988; 5, Matsumoto 2008; 6, Ishii *et al.* 1991; 7, Ohwaki *et al.* 2008. In the references 5 and 7, only data in 2004 and 1999 were used, respectively.

a: Sampling effort was shown as the length of the route (km) multipled by sampling times. Here, studies whose annual sampling effort ranges within 15–30 km were shown.
b: Values in parentheses showed the proportion of univoltine species (=number of univoltine species/ total number of species).
c: Values in parentheses showed the proportion of oligophagous species (=number of oligophagous species/ total number of species).
d: For the viola and oak feeders, only univoltine species were included.

種が草地に強く依存していることである (Fig. 5e). このことを考えると, 本地域における畦や林縁の適切な管理は、チョウ群集の保全に大きな役割を果たしているであろう.

謝　辞

永野昌博博士をはじめとする十日町市立里山科学館「森の学校」キョロロの皆様には, 本調査をご支援いただいた. また, 森の学校キョロロには調査地の地図を利用させていただいた. 松本和馬氏 (森林総合研究所) にはこの地域のチョウについてご教示いただいた。2名の査読者には有益なコメントをいただいた。これらの方々に深くお礼申し上げる.

引用文献

深町加津枝, 2002. 地域性をふまえた里山ブナ林の保全に関する研究. 東京大学農学部演習林報告 **108**: 77–167.

Hatada, A. and K. Matsumoto, 2008. Effects on vegetation coverage on oviposition by *Luehdorfia japonica* (Lepidoptera: Papilionidae). *J. For. Res.* **13**: 96–100.

本田計一・村上忠幸, 2005. ワンダフル・バタフライ—不思議にみちたその世界. 化学同人, 京都.

Inoue, T., 2003. Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. *Entomol. Sci.* **6**: 151–163.

石井実, 1996. さまざまな森林環境における蝶類群集の多様性. 田中蕃・有田豊 (編), 日本産蝶類の衰亡と保護第4集: 63–75, 日本鱗翅学会, 大阪.

石井実, 2001. 広義の里山の昆虫とその生息場所に関する一連の研究. 環動昆 **12**: 187–193.

石井実, 2009. 生物多様性からみた里山環境保全の重要性. 間野隆裕・藤井恒 (編), 日本産チョウ類の衰亡と保護第6集: 3-11, 日本鱗翅学会, 東京.

石井実・広渡俊哉・藤原新也, 1995.「三草山ゼフィルスの森」のチョウ類群集の多様性. 環動昆 **7**: 134–146.

石井実・上田邦彦・重松敏則, 1993. 里山の自然を守る. 築地書館, 東京.

石井実・山田恵・広渡俊哉・保田淑郎, 1991. 大阪府内の都市公園におけるチョウ類群集の多様性. 環動昆 **3**: 183–195.

Jongman, R. H. G., C. J. F. ter Braak and O. F. R. van Tongeren,, 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press, UK.

Kato, M., 2001. 'SATOYAMA' and biodiversity conservation: 'SATOYAMA' as important insect habitats. *Global Environ. Res.* **5**: 135–149.

Kitahara, M. and K. Fujii, 1994. Biodiversity and community structure of temperate butterfly species within a gradient of human disturbance: An analysis based on the concept of generalist vs. specialist strategies. *Res. Popul. Ecol.* **36**: 187–199.

Kitahara, M., K. Sei and K. Fujii, 2000. Patterns in the structure of grassland butterfly communities along a gradient of human disturbance: further analysis based on the generalist/specialist concept. *Popul. Ecol.* **42**: 135–144.

松本和馬, 2008. 東京都多摩市の森林総合研究所多摩試験地および都立桜ヶ丘公園のチョウ群集と森林環境の評価. 環動昆 **19**: 1–16.

中静透, 2004. 森のスケッチ. 東海大学出版会, 神奈川.

松之山町史編纂委員会, 1991. 松之山町史. 東京法令出版, 長野, 177 pp.

Natuhara, Y., C. Imai and M. Takahashi, 1998. Evaluation of community indices in seasonal assemblages of butterflies (Lepidoptera) at different frequency of transect count. *Biodivers. Conserv.* **7**: 631–639.

Natuhara, Y., C. Imai and M. Takahashi, 1999. Pattern of land mosaics affecting butterfly assemblage at Mt. Ikoma, Osaka, Japan. *Ecol. Res.* **14**: 105–118.

Nishinaka, Y. and M. Ishii, 2006. Effects of experimental mowing on species diversity and assemblage structure of butterflies in a coppice on Mt Mikusa, northern Osaka, central Japan. *Trans. Lepid. Soc. Japan* **57**: 202–216.

Nishinaka, Y. and M. Ishii, 2007. Mosaic of various seral stages of vegetation in the Satoyama, the traditional rural landscape of Japan as an important habitat for butterflies. *Trans. Lepid. Soc. Japan* **58**: 69–90.

大脇淳・村山暁, 2010. 十日町市のチョウ図鑑. 東頚印刷, 十日町.

Ohwaki, A., S. Tanabe and K. Nakamura, 2007. Butterfly assemblages in a traditional agricultural landscape: importance of secondary forests for conserving diversity, life history specialists and endemics. *Biodiver. Conserv.* **16**: 1521–1539.

Ohwaki, A., S.-I. Tanabe and K. Nakamura, 2008. Effects of anthropogenic disturbances on the butterfly assamblage in an urban green area: the changes from 1990 to 2005 in Kanazawa Castle Park, Japan. *Ecol. Res.* **23**: 697–708.

Pollard, E. and T. J. Yates, 1993. Monitoring butterflies for ecology and conservation. Chapman & Hall, London,

R Developmental Core Team, 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Steffan-Dewenter, I. and T. Tscharntke, 1997. Early succession of butterfly and plant communities on set-aside fields. *Oecologia* **109**: 294–302.

田端英雄, 1997. 里山の自然. 保育社, 大阪.

田中蕃, 1988. 蝶による環境評価の一方法. 蝶類学の最近の進歩 **6**: 527–566.

田下昌志・市村敏文, 1997. 標高の変化とチョウ群集による環境評価. 環動昆 **8**: 73–88.

ter Braak, C. J. F. and P. Smilauer, 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 500 pp.

Tojo, T., K. Kanno, T. Yagi, Y. Michioka, T. Ogasawara and Y. Sakuratani, 2007. Seasonal and annual changes of butterfly communities on the bank and dry riverbed areas of the Kizu River, Kyoto, central Japan. *Jpn J. Environ. Entomol. Zool.* **18**: 67–81.

東條達哉・桜谷保之, 2008. 里山林を含む大学キャンパスにおけるチョウ類群集の環境選択性. 環動昆 **19**: 17–29.

Washitani, I., 2001. Traditional sustainable ecosystem 'SATOYAMA' and biodiversity crisis in Japan: conservation ecological perspective. *Global Environ. Res.* **5**: 119–133.
渡辺守, 2000. アゲハ類の個体群動態. 大崎直太 (編), 蝶の自然史—行動と生態の進化学: 199–213. 北海道大学図書刊行会, 札幌.

Summary

Butterfly assemblages have been studied mainly in satoyama areas dominated by deciduous oak tree species and in urban green areas, but there have been few butterfly studies in satoyama areas dominated by other tree species. To understand the characteristics of the butterfly assemblage in a snowy temperate satoyama area whose secondary forests were dominated by beech (*Fagus crenata*), transect surveys were conducted nine times from spring to autumn in 2008 in Tokamachi City, where average annual maximum snow depth is about 3 m. A transect route (2.1 km) was set to include various landscape elements, e.g., interior of beech (*Fagus crenata*) forests, edge of secondary forests, wetlands (mostly abandoned paddies), paddy fields, grasslands, and protected slopes, and divided into 14 sections in terms of these landscape elements with four vegetation types (four grassland, two protected slope, four forest/wetland edge, and four forest interior sections). Each butterfly species was classified according to voltinism and larval host plants.

In total, 177 individuals from 27 species were observed. This species richness was rather lower than those in other satoyama areas, with lower numbers of species not only of univoltine and oligophagous species but also multivoltine and polyphagous species. Compared with other satoyama areas, the numbers of species of oak, bamboo, citrus, and hackberry feeders were especially lower, probably because of the scarcity of host plants, but those of viola feeders were equal or higher, probably because of grassland management around terraced paddy fields at a regional scale. The grassland and edge sections had higher number of species than protected slope and forest interior sections. Tree and bamboo feeders were observed only in the edges and interior of the forests, whereas herb feeders and species feeding on several types of host plants were observed from grasslands to forest interior, depending on species. An endangered species, *Luehdorfia japonica*, occurred only in the edges and interior of the forests, but another declining species, *Fabriciana adippe*, occurred only in grasslands. To conserve the butterfly assemblage in this area, three points should be stressed: (1) maintaining oak forest patches and bamboo patches should be important because these plants are sparse in this area, probably due to very heavy snowfall, which may lead to very low densities of oak and bamboo feeders; (2) beech forests with *Asarum megacalys*, the host plant of the endangered butterfly, *Luehdorfia japonica*, should be maintained; (3) maintenance and management of grasslands around terraced paddies should be continued, considering the high species richness in them and the dependence of the declining fritillary, *Fabriciana adippe*, on the grasslands.

(Received December 25, 2010. Accepted March 15, 2011)